

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-209437  
(P2000-209437A)

(43) 公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
H04N 1/407		H04N 1/40	101E 5C021
5/202		5/202	5C066
9/69		9/69	5C077

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全8頁)

(21) 出願番号 特願平11-4056  
(22) 出願日 平成11年1月11日 (1999.1.11)

(71) 出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
(72) 発明者 児玉 裕史  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(74) 代理人 100084548  
弁理士 小森 久夫

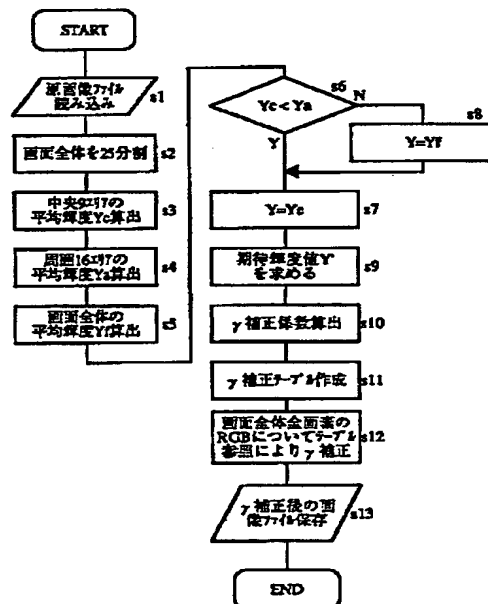
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像補正方法および画像補正プログラムを格納した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 装置を操作する人間の判断、および適切な補正曲線を得るまでの試行を不要とし、また、あらかじめ用意された数種類の固定値の $\gamma$ 係数を選択するのではなく、原画像に最適な $\gamma$ 補正のための $\gamma$ 係数を得る。

【解決手段】 原画像の注目エリアの平均輝度を評価輝度値として求め、評価輝度値を変数とする単調減少関数で評価輝度値から $\gamma$ 補正後の期待する輝度値(期待輝度値)を求める。そして期待輝度値と評価輝度値とから $\gamma$ 係数を求め、この $\gamma$ 係数を基に前記原画像の各画素の値を $\gamma$ 補正する。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 原画像の注目エリアの平均輝度を評価輝度値として求め、該評価輝度値から $\gamma$ 補正後の期待する輝度値を、前記評価輝度値を変数とする単調減少関数で求め、当該輝度値を期待輝度値とし、前記評価輝度値と前記期待輝度値とから $\gamma$ 係数を求め、当該 $\gamma$ 係数を基に前記原画像の各画素の値を $\gamma$ 補正する画像補正方法。

【請求項2】 前記単調減少関数は前記評価輝度値を変数とする指数関数を含む請求項1に記載の画像補正方法。

【請求項3】 前記単調減少関数は前記評価輝度値を変数とする1次関数を含む請求項1に記載の画像補正方法。

【請求項4】 画像処理を実行するコンピュータに、原画像の注目エリアの平均輝度を評価輝度値として求め、該評価輝度値から $\gamma$ 補正後の期待する輝度値を、前記評価輝度値を変数とする単調減少関数で求め、当該輝度値を期待輝度値とし、前記評価輝度値と前記期待輝度値とから $\gamma$ 係数を求め、当該 $\gamma$ 係数を基に前記原画像の各画素の値を $\gamma$ 補正する画像補正処理を実行させるプログラムを格納した記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、デジタルステルカメラ、イメージスキャナ、またはビデオキャプチャ回路等で取得したカラー／白黒静止画像の $\gamma$ 補正方法に関わり、更に詳しくは、原画像の平均輝度により、適切な $\gamma$ 補正係数を求めて $\gamma$ 補正を行う方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】カラー／白黒を問わず、映像信号を静止デジタル画像に変換するために、CCDやC-MOS エリアセンサ等の固体撮像素子を備えたデジタルステルカメラやイメージスキャナにより静止画像を取り込み、またはビデオカメラ等による撮像中のアナログ映像信号をリアルタイムにデジタルデータに変換するビデオキャプチャボードにより静止画像を取り込んで、画像処理を行う方法が普及している。

【0003】これらのデジタル化された静止画像は、CRT や液晶ディスプレイ等の表示デバイスに表示したり、デジタルデータとしての画像ファイルのまま何らかの伝送手段により伝送される。

【0004】また、近年では、インターネットの普及により、HTML文書に代表されるマルチメディアテキストに貼り込む画像データとして利用される機会も多い。

【0005】一方、静止画像を取り込むデバイスも、100万画素以上のCCDを有したデジタルステルカメラの低価格化により、より高画質な静止画像が容易に入手可能になっている。

【0006】このように、静止画像の取り込み手段、静

止画像の表示手段および応用手段の高品質化および多利用に伴い、画像の取り込みデバイスにより取り込まれた静止画像の画質をますます向上させる要求が高まっている。

【0007】特に画像の階調特性は画像の明るさ、色の鮮やかさ、コントラスト等、画質を左右するうえで重要であり、この階調の補正に有効な方法として、従来より $\gamma$ 補正処理が知られている。

【0008】元来、 $\gamma$ 補正は、CRT ディスプレイのブラウン管の輝度特性を補正することを目的として用いられる手法であり、この $\gamma$ 補正による入出力特性である $\gamma$ 曲線は、入力が小さいときの増幅率を高くし、入力が大きくなるにしたがい増幅率を1に近づける特性を持たせる場合が多い。この結果、原画像のダイナミックレンジを損なうことなく階調補正を行うことが可能であり、出力デバイスや、画像の利用方法にかかわらず、適正な階調特性を持たせるうえで有効な手法である。

【0009】このような $\gamma$ 補正を用いた階調補正方法として、例えば、特開平5-76036号では、 $\gamma$ 曲線の階調変換特性を設定手段から与え、テーブル参照により16種類の $\gamma$ 曲線から一本の $\gamma$ 曲線を選択し、輝度信号に対して $\gamma$ 補正を行った後、輝度信号の $\gamma$ 補正前と補正後の比から色信号の階調変換を行う方法が提案されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このような従来の階調補正方法では、 $\gamma$ 曲線の形状を原画像の画質特性によらない別の手段で指定する必要があり、原画像に適した階調補正曲線を選択するために、装置を操作する人間の判断、および適切な補正曲線を得るまでの試行を繰り返す必要があった。

【0011】また、従来技術による $\gamma$ 曲線の $\gamma$ 補正係数はあらかじめ用意された数種類の固定値から選択する必要があり、原画像に最適な任意の $\gamma$ 曲線を得ることができないという問題があった。

【0012】この発明の目的は、上述の問題を解消して、原画像に最適な $\gamma$ 補正のための $\gamma$ 係数を自動的に得るようにした画像補正方法および画像補正プログラムを記録したプログラム記録媒体を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】この発明は、原画像の中から特に重視したい部分の平均輝度（以下、「評価輝度値」という。）を求め、また、前記評価輝度値を変数として単調減少関数の計算結果と前記評価輝度値とを乗算し、 $\gamma$ 補正後の平均輝度を期待輝度値として計算する。そして評価輝度値と期待輝度値から $\gamma$ 曲線の $\gamma$ 係数を算出し、計算された $\gamma$ 係数を用いて $\gamma$ 補正を行う。たとえば、原画像の画素値が採り得る値の範囲（以下「値域」という。）の中のすべての値について $\gamma$ 補正後の値を求め、 $\gamma$ 補正テーブルを作り、上記 $\gamma$ 補正テーブルを参照し、原画像の全画素の画素値の $\gamma$ 補正を行う。

【0014】前記注目エリアは、たとえば、人物を中央に写した画像の場合は、一般に中央の人物の階調が好みの階調に補正されることが望ましいため、画面の中央部を注目エリアとして、そのエリアの平均輝度を評価輝度値とする、一方、風景を写した画像では、一般に画面全体が重要であり、画面全体を注目エリアとして、画面全体の平均輝度を評価輝度値とする。

【0015】上記構成によれば、 $\gamma$ 補正係数は、原画像の重視したい部分の平均輝度から算出されるため、原画像がもともと有している階調特性を大きく変化させることなく、また、原画像個々に適切な $\gamma$ 補正係数を自動的に算出することが可能である。さらに、上記単調減少関数の関数式、および、その関数式のパラメータを変更することにより、原画像の平均輝度がどのような値のときに、 $\gamma$ 補正による増幅率を最も上げるか、言い換えれば、原画像の注目エリアの平均輝度が比較的低い場合に $\gamma$ 補正により積極的に明るくするのか、あるいは、原画像の平均輝度が比較的高い場合に、さらに明るめに補正するのかといったチューニングも可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】図9は、この発明に係る画像補正方法を適用する画像補正装置の構成を示すブロック図である。図9において、CPU1はROM2に予め書き込んだプログラムおよびハードディスクドライブ装置7からRAM3へ読み出したプログラムを実行して、後述する原画像に対する $\gamma$ 補正処理を行う。RAM2はその処理に際して画像データの一時格納用のバッファおよびワーキングエリアとしても用いる。画像入力機器5は例えばデジタルスチルカメラ、ビデオキャプチャボード、イメージスキャナ等であり、CPU1はインタフェース4を介してその画像データを読み取り、ハードディスク内に所定のファイル名を付けて原画像ファイルとして格納する。ハードディスクドライブ装置7は上記プログラムおよび原画像ファイル以外に、 $\gamma$ 補正後の画像ファイルを格納するために用い、CPU1はインタフェース6を介してファイルの読み出し／書き出しを行う。画像出力機器9は例えば画像表示装置（モニタ）であり、原画像および $\gamma$ 補正後の画像を表示する。フロッピーディスクドライブ装置11は画像補正プログラムを記録した媒体（フロッピーディスク）を読み取るものであり、CPU1はインタフェース10を介してRAM3にロードする。

【0017】尚、上記画像入力機器は必須ではなく、例えば図外の通信手段を用いて画像ファイルを受信し、ハードディスクに格納してもよい。また、上記画像出力機器も必須ではなく、例えば $\gamma$ 補正後の画像ファイルを生産すること自体を目的とし、その画像ファイルを図外の通信手段で送信してもよい。

【0018】図1は上記画像補正装置のCPUが実行する処理プログラムの手順を示すフローチャートである。まず、ステップs1で原画像ファイルを読み込む。この

原画像ファイルは、デジタルスチルカメラ、ビデオキャプチャボード、イメージスキャナ等によりデジタル画像として取り込まれた画像ファイルであり、画像形式は、例えばデジタルスチルカメラによる静止画像の場合、WindowsBMPやJPEG形式等である。また、インターネットではJPEGの他、GIF形式もよく使用される。また、最近ではGIFに変わるネットワーク用の画像形式としてPNG等も注目されている。このような各種形式の画像ファイルを該当の形式を指定して読み込む。

【0019】次に、ステップs2で、メモリ上にビットマップとして展開し、そのビットマップの縦サイズ、横サイズを各々5分割し、画面全体を25の小エリアに分割する。このように複数の小エリアに区分し、各小エリアの輝度、RGBの平均値、IQ値または、B-Y、R-Y等の色差信号等の画像属性を計算することにより、どのような被写体を撮影した画像であるか、また、それに応じてどのような手法で画像補正を施したらよいかを予測する。

【0020】図6は上記画面分割の例を示している。

「中央9エリア」とは、図中のエリア番号6,7,8,11,12,13,16,17,18で構成された矩形エリアのことであり、また、「周囲16エリア」とは、画面全体から前記中央9エリアの部分を除いた周辺エリアのことである。

【0021】ステップs3では、前記中央9エリアの平均輝度 $Y_c$ を求めている。中央9エリアの平均輝度 $Y_c$ は、各画素の輝度をRGB成分より人間の視感度特性に合わせ、【数1】にて求め、それを中央9エリアの全画素について積算し、中央9エリアの全画素数で除算することにより求める。

【0022】

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad \dots \text{【数1】}$$

同様にステップs4では周囲16エリアの平均輝度 $Y_a$ を求め、ステップs5では画面全体の平均輝度 $Y_f$ を求める。

【0023】そしてステップs6で、上記 $Y_c$ と $Y_a$ を比較し、 $Y_c$ が $Y_a$ よりも小さければ、すなわち中央部が周辺部より暗ければ、中央にある被写体が逆光であるものと判断して、中央部の階調を優先的に補正するために、ステップs7で $Y_c$ を原画像の評価輝度値とする。逆に、 $Y_c$ が $Y_a$ より大きい等しい場合には、風景や人物の集合写真といった画面全体を重視すべき画像であるものと判断し、ステップs8において $Y_f$ を原画像の評価輝度値とする。

【0024】この発明の階調補正の基本としている $\gamma$ 曲線は、入力信号を $x$ 、出力信号を $y$ とし、 $\gamma$ 補正係数（以下単に「 $\gamma$ 係数」という。）を $\gamma$ としたとき、【数2】の式で与えられる。

【0025】

$$y = x^{\gamma} \quad (0 \leq x \leq 1) \quad \dots \text{【数2】}$$

$\gamma$ が1より小さいとき、 $y$ は $x$ よりも大きくなり、逆に $\gamma$ が1より大きいときは、 $y$ は $x$ よりも小さくなる特徴が

ある。図8はこの $\gamma$ の値を $\gamma < 1$ の範囲で数種類変化した場合の $\gamma$ 曲線の例を示している。この図からも明らかなように、 $\gamma$ が小さいほど、中間調の増幅率が上がることがわかる。また、値域の最大・最小では増幅率が1となるため、 $\gamma$ が変わっても原画像のダイナミックレンジそのものは変化しないことがわかる。

【0026】ここで、原画像の評価輝度値から、 $\gamma$ 係数を導出する手法について説明する。原画像の評価輝度値 $Y$ が求まったとき、 $Y$ が $Y$ の値域に対して小さいとき、たとえば原画像のRGBが各8bitで0～255の値を取り得る場合は、 $Y$ の値も同様に0～255の値を取り得る。このとき $Y$ の値が20あるいは30といった小さな値のときは、小さめの $\gamma$ 係数を適用して輝度を高めたい（輝度増幅率を高めたい）。一方、評価輝度値 $Y$ が値域に対して大きいとき、たとえば0～255の値域内の中央値以上の値である場合、輝度増幅率を上げると、 $\gamma$ 補正後の画像は輝度値が高い値に偏ったものとなり、原画像の品位を損なうおそれがあるため、 $\gamma$ 係数値を大きくするか、あるいは、 $\gamma=1$ として輝度補正を行わず入力画素値をそのまま出力させたい。この実施形態では $\gamma$ 係数の算出のため原画像の評価輝度値 $Y$ を変数とし、【数3】に示す式にて、 $\gamma$ 補正後の輝度値（以下「期待輝度値 $Y'$ 」という。）を求める。

【0027】【数3】の上の段の式において、 $f(Y)$ は $Y$ の0から $c$ までの増加に対して、所定値から1まで値が単調に減少する関数である。また、下の式は評価輝度値 $Y$ が $c$ 以上のとき、 $\gamma$ 補正を行わないことを意味する。

$$\begin{aligned} Y' &= Y \cdot f(Y) & (0 \leq Y < c) & \quad \dots \text{【数3】} \\ Y' &= Y & (c \leq Y < Y_{\max}) & \end{aligned}$$

ここで $f(Y)$ の例として、図2および【数4】に示す指数関数を導入する。

$$f(Y) = (a+b) \exp(-Y/T) - b + 1 \quad \dots \text{【数4】}$$

【数4】は図2を見ても明らかなように、点(0,1+a)で縦軸と交わる指数関数を表している。また【数4】に示す指数関数の時定数 $T$ は、いま、評価輝度値が $c$ 以上であれば、 $\gamma$ 補正を行わない、すなわち、 $Y=c$ で $f(Y)=1.0$ となるように選定することより、【数4】に

$$Y = c$$

$$f(Y) = 1.0$$

を代入して、次のように導出する。

$$T = c / \log \{ b/(a+b) \} \quad \dots \text{【数5】}$$

【数4】および【数5】が示す数式のグラフは図5のようになる。図5では、定数 $a$ および $b$ を数種類変化した場合について示している。たとえば、( $a=1.0, b=0.2$ )の曲線は直線 $Y'=Y$ に比較的近いが、 $Y=c/2$ 付近でもっとも+側に膨らみを持つ曲線となっている。ここで $Y'$ は、評価輝度値が $Y$ である原画像を $\gamma$ 補正した結果

の画像の注目エリアの平均輝度が $Y'$ になることを望む $\gamma$ 補正後の輝度（期待輝度値）であるから、上記( $a=1.0, b=0.2$ )の曲線で示される $Y$ と $Y'$ の関係から求めた $\gamma$ 係数で $\gamma$ 補正を行えば、階調変換量の絶対値は小さいが、原画像の評価輝度値が $c/2$ 付近のとき $\gamma$ 補正による補正効果をもっとも大きくなり、画像をやや明るくすることができる。

【0031】また、( $a=2.5, b=0.4$ )の例では、原画像の評価輝度値が0～ $c$ の間では、画像を明るくする効果が( $a=1.0, b=0.2$ )の例と比較して大きく、さらに、原画像の評価輝度値が低い場合に画像を明るく補正する効果が高い。

【0032】また、( $a=2.5, b=4.0$ )は、 $a$ および $b$ を極端に大きくした場合の例であり、( $a=2.5, b=0.4$ )の例とは逆に、原画像の評価輝度値が大きい場合の方が画像をより明るくする効果が高い。

【0033】このように、 $a$ の値に対して $b$ の値を小さくすると、原画像の評価輝度値が低い画像の $\gamma$ 補正後の画像を明るくする効果が高くなる。また、 $a$ の値に比して、 $b$ の値を大きくすると、原画像の評価輝度値が高い画像の $\gamma$ 補正後の画像を明るくする効果が高くなる。

【0034】上記【数3】、【数5】により、原画像の輝度評価値から $\gamma$ 補正後の期待輝度値を求めた場合、評価輝度値の値域に対する期待輝度値のグラフは概ね図4のようになる。このように( $0 < Y < c$ )では、【数5】中のパラメータ $a, b$ により様々な特徴を持たせて期待輝度値を求めることができる。さらに $c$ の値そのものを調節すること、すなわち、 $\gamma$ 補正を有効とする原画像評価輝度値を変更することにより、 $\gamma$ 係数の自動生成に特長を持たせることも可能である。

【0035】次に、【数3】に示す $f(Y)$ に【数6】のような、原画像の評価輝度値 $Y$ を変数とする1次式を導入する例を示す。

$$f(Y) = - \{ (e-1)/c \} Y + e \quad \dots \text{【数6】}$$

【数6】の式を【数3】に示す $f(Y)$ に用いた場合の【数3】をグラフとして図示すると図3のようになる。この場合、 $\gamma$ 補正後の期待輝度値 $Y'$ は

$$f(Y) \cdot Y = - \{ (e-1)/c \} Y^2 + eY \quad \dots \text{【数7】}$$

となり、原画像の評価輝度値 $Y$ の2次関数となる。

【0037】図7は、原画像評価輝度値 $Y$ と【数7】式による $\gamma$ 補正後の期待輝度値 $Y'$ との関係を示す図である。このように、原画像の評価輝度値が比較的高い場合に $\gamma$ 補正後の画像を明るくする効果が大きくなることが特徴である。

【0038】上記【数3】、【数6】により、原画像の輝度評価値から $\gamma$ 補正後の期待輝度値を求めた場合も、評価輝度値の値域に対する期待輝度値のグラフは概ね図4のようになる。このように( $0 < Y < c$ )では、【数6】中のパラメータ $e$ により様々な特徴を持たせて期待輝度値

を求めることができる。また $c$ の値そのものを調節することにより $\gamma$ 係数の自動生成に特長を持たせることも可能である。

【0039】以上に述べたようにして、図1のステップs9で期待輝度値 $Y'$ を求める。

【0040】その後、図1のステップs10では、原画像の評価輝度値 $Y$ と、ステップs9で求めた期待輝度値 $Y'$ とから $\gamma$ 補正の特性を定める $\gamma$ 係数を求める。

【0041】ここでは、評価輝度値 $Y$ を $\gamma$ 補正した結果が期待輝度値 $Y'$ となればよいから、

$$Y' = Y^\gamma \quad \dots \text{【数7】}$$

$$\gamma = \log Y' / \log Y \quad \dots \text{【数8】}$$

の関係から $\gamma$ 係数を求める。ここで、 $Y'$ および $Y$ は0～1の範囲で正規化されている必要がある。

【0042】図1のステップs11では、上記ステップs10で得られた $\gamma$ 係数を用いて、 $\gamma$ 補正用のテーブルを作成する。いま、RGBそれぞれの $\gamma$ 補正テーブルの配列を $\text{tableR}[]$ 、 $\text{tableG}[]$ 、 $\text{tableB}[]$ とする。これらの配列は評価輝度値と同じダイナミックレンジと同数の要素をもつ。配列の各要素の値は【数9】によりRGBのダイナミックレンジの各値を $i$ に代入して求めることができる。【数9】ではRGBのダイナミックレンジを各8bit(0～255)の例として示している。

【0043】

$$\text{tableR}[i] = 255 * (i/255)^\gamma$$

$$\text{tableG}[i] = 255 * (i/255)^\gamma \quad \dots \text{【数9】}$$

$$\text{tableB}[i] = 255 * (i/255)^\gamma$$

ステップs12では、上記ステップ10で作成した $\gamma$ 補正テーブルを参照し原画像の全画素のRGBの値を変換する。この例ではRGBに同一の $\gamma$ 補正カーブを用いている。

【0044】原画像のある1画素のRGBの値をそれぞれ $r, g, b$ とすると、 $\gamma$ 補正後のRGBの値 $r', g', b'$ は【数10】のように求める。

【0045】

$$r' = \text{tableR}[r]$$

$$g' = \text{tableG}[g]$$

…【数10】

$$b' = \text{tableB}[b]$$

ステップs13では、上記ステップs12により求めた $\gamma$ 補正後の画像をファイルとして保存する。

【0046】

【発明の効果】この発明によれば、CCD、C-MOSエリアセンサー等の固体撮像素子を用いた電子ステルカメラ、イメージスキャナ、また、ビデオキャプチャボード等から取り込んだ静止画像において、注目エリアの平均輝度を変数として、例えば指数関数や1次関数等の単調減少関数を参照して $\gamma$ 補正後の期待輝度を求めるようにしたため、無段階に、しかも、自動的に $\gamma$ 補正のための $\gamma$ 係数を導出することが可能となる。これにより $\gamma$ 曲線の指定手段を特に必要とせず、また、原画像の輝度の雰囲気を変えずに、適切な $\gamma$ 補正を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の画像補正装置における処理手順を示すフローチャート

【図2】原画像評価輝度値から期待輝度値を求める指数関数を示す図

【図3】原画像評価輝度値から期待輝度値を求める1次関数を示す図

【図4】この発明による原画像評価輝度値に対する期待輝度値の関係を示す図

【図5】原画像評価輝度値と期待輝度値との関係を示す図

【図6】エリア分割の例を示す図

【図7】原画像輝度評価値と期待輝度値との関係を示す図

【図8】 $\gamma$ 補正曲線の例を示す図

【図9】画像補正装置の構成を示す図

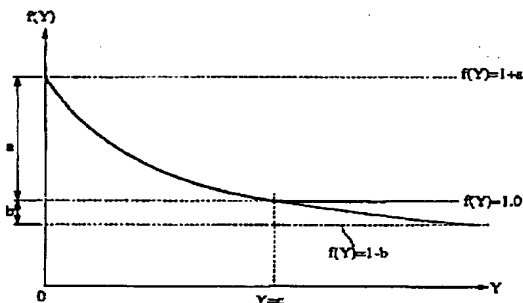
【符号の説明】

4、6、8—インターフェース

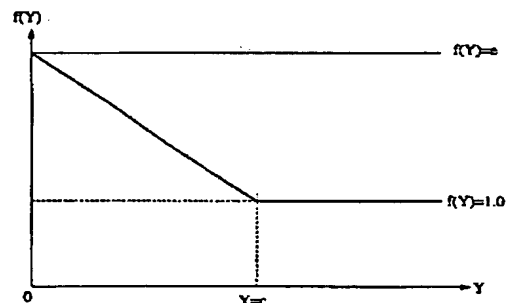
7—ハードディスクドライブ装置

11—フロッピーディスクドライブ装置

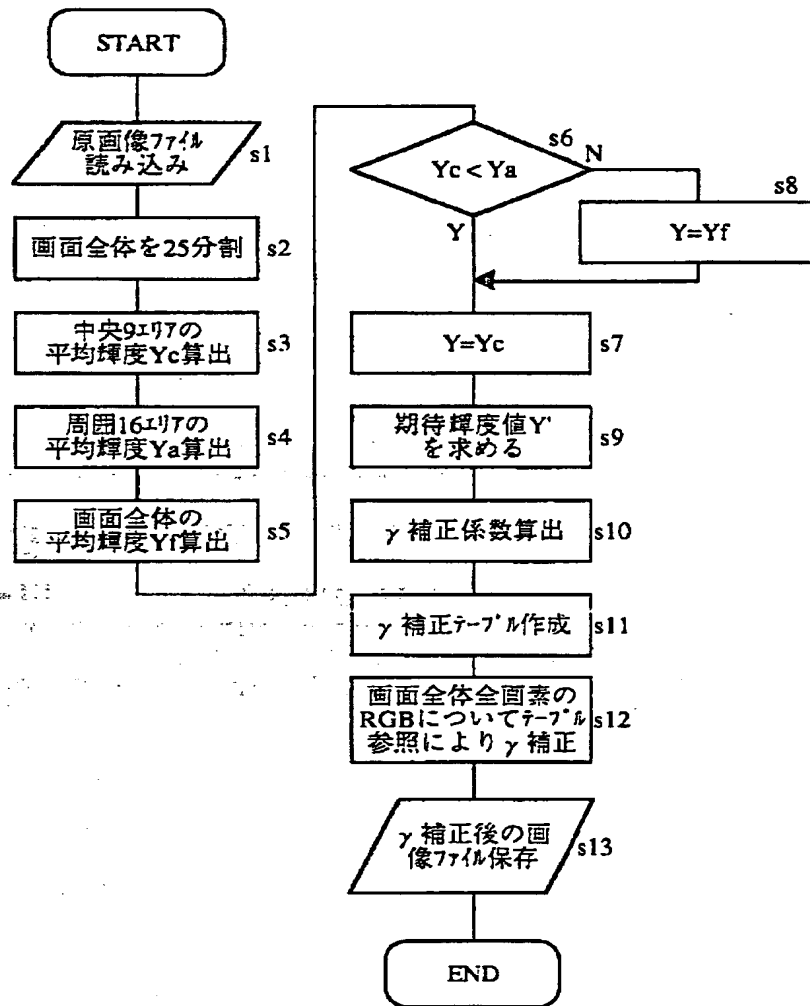
【図2】



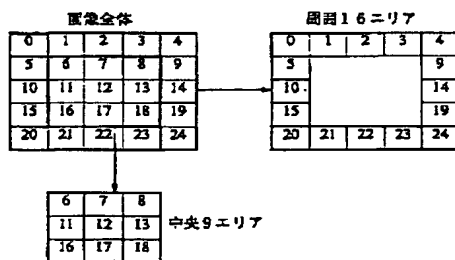
【図3】



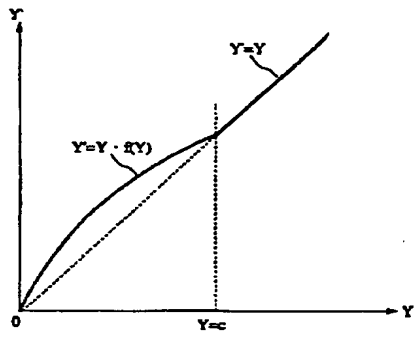
【図1】



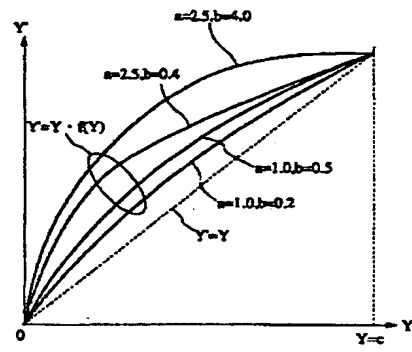
【図6】



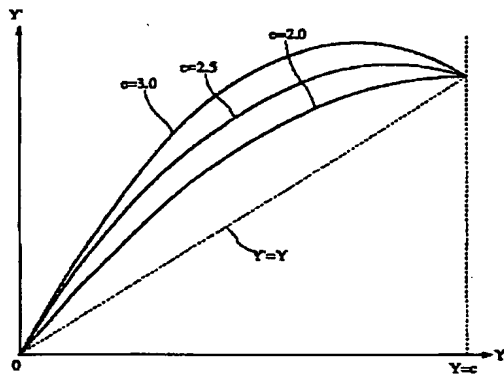
【図4】



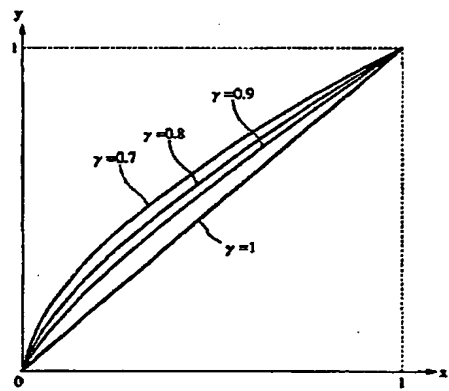
【図5】



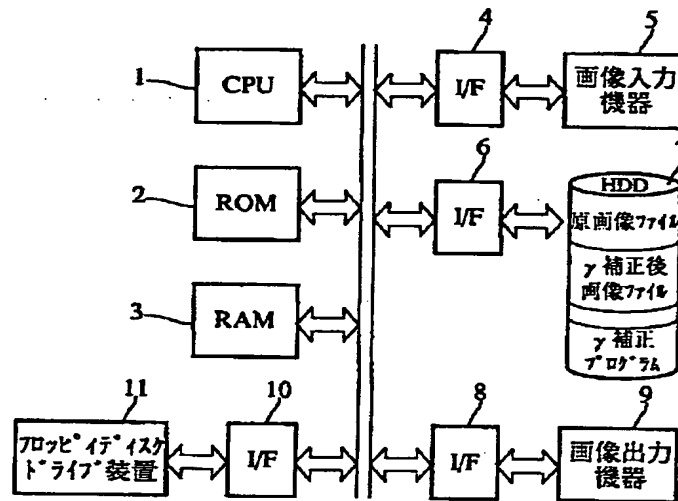
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C021 PA63 PA80 RA07 RB03 XA34  
 5C066 AA00 AA01 BA00 CA08 EC05  
 GA01 GA02 GB00 KA11 KD06  
 KE05 KP02  
 5C077 LL16 MN02 MP08 PP15 PP28  
 PP32 PP44 PP46 PP68 PQ12  
 PQ22 PQ23 TT09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**